

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Optimalizace výroby vřetene do ručního pneumatického nářadí

Optimalization of Production the Hand Air Tool Spindle

Student:

Bc. Lucie Hrnčalíková

Vedoucí diplomové práce:

prof. Dr. Ing. Josef Brychta

Ostrava 2010

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lucie Hrnčalíková**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Téma: **Optimalizace výroby vřetene do ručního pneumatického nářadí**

Optimalization of Production the Hand Air Tool Spindle

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do řešené problematiky.
2. Návrh řešení, ověření.
3. Vlivy na technologický postup.
4. Závěr, vyhodnocení výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

MÁDL, Jan. *Technologie obrábění 1.díl*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 79 s. ISBN 80-01-02091-6
MÁDL, Jan. *Technologie obrábění 2.díl*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 86 s. ISBN 80-01-02091-6
MÁDL, Jan. *Technologie obrábění 3.díl*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 81 s. ISBN 80-01-02091-6
BRYCHTA, Josef. *Obrábění I:návody pro cvičení.Část 2*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2004. 114 s. ISBN 80-248-0577-4
BRYCHTA, Josef. *Obrábění I:návody pro cvičení.Část 1*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2004. 79 s. 80-248-0576-6

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr.Ing. Josef Brychta**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



prof. Dr.Ing. Josef Brychta
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 24. 5. 2010

..... Hamičková!
.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 24.5.10

Hrnčalíková

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Lucie Hrnčalíková

Adresa trvalého pobytu autora práce:

B. Václavka 7, 78701 Šumperk

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

HRNČALÍKOVÁ, L. *Optimalizace výroby vřetene do ručního pneumatického nářadí: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2010, vedoucí práce: Brychta, J.

Diplomová práce se zabývá výrobou vřetene do ručního pneumatického nářadí. V úvodu je popsána funkce vřetena jako součásti pneumatického nářadí. Je proveden rozbor technologického postupu výroby této součástky a navržena jeho optimalizace. Následně je prověřeno, zda nový návrh vyhovuje požadavkům. V závěru je pak zhodnocen přínos nového řešení.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

HRNCALIKOVA, L. *Optimization of Production the Hand Air Tool Spindle: Master thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of machining and assembly, 2010, Thesis head: Brychta, J.

This thesis deals with the production of spindle in hand pneumatic tools. The introduction describes the function of spindle components such as pneumatic tools. It is an analysis of the technological process of production of components and designed its optimization. Subsequently it is examined whether the new proposal meets the requirements. The conclusion is then evaluated the contribution of new solutions.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů.....	7
1. ÚVOD.....	8
1.1. Technické parametry výrobku.....	8
2. VŘETENO	9
2.1. Popis	10
3. VÝROBA VŘETENE – STÁVAJÍCÍ	11
3.1. Materiál	11
3.2. Výrobní postup.....	11
3.2.1. Soustružení	13
3.2.2. Frézování	16
3.2.3. Kalení a popouštění.....	18
3.2.4. Broušení	22
3.2.5. Značení	24
4. VÝROBA VŘETENE – NAVRHOVANÁ.....	25
4.1. Materiál	25
4.2. Ověření návrhu	26
4.2.1. Kontrola tvrdosti.....	26
4.2.2. Kontrola mechanických vlastností.....	27
4.2.3. Kontrola technických vlastností	30
4.3. Výrobní postup.....	33
4.3.1. Obrábění	35
4.3.2. Broušení	40
4.3.3. Značení.....	42
5. ZÁVĚR	43
6. Seznam použité literatury a zdrojů	45
7. Seznam příloh.....	47

Seznam použitých značek a symbolů

G		geometrická funkce pohybu nástroje
F	mm	posuv
M		přídavná funkce zapínající směr otáček, chlazení apod.
S	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	otáčky
T		označení nástroje v programu
Td	min	čas cyklový, čas na jednu výrobní dávku
Ts	min	čas na výrobu jednoho kusu
X		množství kusů ve výrobní dávce
k		směnový koeficient velikosti 1,1 pro operace obráběním

1. ÚVOD

Vřeteno, kterým se zabývá tato diplomová práce, je součástí ručního pneumatického nářadí vyráběného firmou Deprag CZ a. s. Tato firma vyrábí profesionální pneumatické a upínací nářadí. Mezi základní výrobky patří pneumatické brusky, vrtačky, utahováky a další pneumatické nářadí. Mimo jiné se společnost zabývá také automatizací a prodejem šroubovací techniky.

1.1. Technické parametry výrobku

Vřeteno je jedním z dílů ruční pneumatické brusky s kleštinovým upínáním PB 8C-25YK (obrázek č. 1, montážní výkres 001–069 – příloha E). Mezi hlavní výhody této brusky patří optimální poměr výkonu a hmotnosti, možnost různého technologického použití, lehké a jednoduché ovládání. Tyto výhody řadí ruční brusku mezi nejprodávanější výrobky výše zmiňované společnosti.

Tabulka č. 1 - Technická data

Typ	PB 8C-25YK
Otáčky na prázdno (min^{-1})	53 000
Maximální výkon (kW)	0,10
Spotřeba vzduchu na prázdno ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	0,15
Světlost přívodní trubice (mm)	5
Maximální průměr brousícího tělíska (mm)	8
Maximální průměr tvrdokovové frézy (mm)	3
Maximální obvodová rychlost ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	25
Závit ve vřetenu (mm)	M6 x 0,75
Hmotnost (kg)	0,08
Rozměry (průměr x délka) (mm)	Ø 19 x 109

Technická data při pracovním přetlaku stlačeného vzduchu 6 barů.



Obrázek č. 1 – Ruční pneumatická bruska PB 8C-25YK

2. VŘETENO

Vřeteno (obrázek č. 2 a 3) je jednou z nejdůležitějších součástí předmětné brusky a to z těchto důvodů:

- Spojuje kleštinu, která nese nástroj, s rotorem;
- působí jako stabilizátor a částečně absorbuje vibrace;
- je to rotační díl rotující vysokými rychlostmi;
- je hlavním kontaktním prvkem při montáži a demontáži brusky;
- jeho část je v přímém kontaktu s vnějšími vlivy.

Proto musí být vyrobeno:

- z kvalitního materiálu odolného proti opotřebení s dostatečnou tvrdostí povrchu a houževnatým jádrem;
- z materiálu odolného proti působení vnějších vlivů;
- s vysokou tvarovou i rozměrovou přesností;
- s vysokou jakostí povrchu.

Faktory, které ovlivňují výrobu vřeteně jsou pak:

- dostupnost surovin;
- výrobní cena;
- použité nástroje, stroje a zařízení;

- pracnost a časová náročnost výroby;
- výrobní možnosti podniku.

2.1. Popis

Vřeteno je rotační součástka s vnitřní dutinou. Na vnějším průměru vřetene jsou vyfrézována oploštění, umístěná proti sobě. Tato oploštění slouží pro opření montážního klíče při montáži a demontáži ruční pneumatické brusky. Vnější průměr vřetene jednou třetinou ční z tělesa brusky, a je tak v přímém kontaktu s vnějšími vlivy. Zbytek je v jejím vnitřku. Kužel v dutině vřetene slouží k dosednutí upínací kleštiny, která nese nástroj. Vnitřní závit kleštinu fixuje a brání jejímu vypadnutí. Na osazení na protilehlé straně kužele přiléhá kuličkové ložisko. Hladce vybroušený otvor na straně osazení je připraven k nalisování rotoru. Dva zápichy v dutině vřetene mají pouze technologickou úlohu. První z nich je důležitý při broušení, kdy dává prostor pro vyjetí brousícího nástroje. Druhý z nich pak umožňuje rozjetí závitového nože při tvorbě závitu.



Obrázek č. 2 – Vřeteno



Obrázek č. 3 - Vřeteno

3. VÝROBA VŘETENE – STÁVAJÍCÍ

3.1. Materiál

Vřeteno se vyrábí z kruhové oceli Ø 13 mm. Materiálem je nízkolegovaná nástrojová ocel žíhaná na měkko 19 452.3 (staré značení podle normy ČSN 42 0002), nově 62SiMnCr4 podle normy ČSN EN 10027-1.

Je to ocel nízkolegovaná Si-Cr, ušlechtilá, nástrojová, pro práci za studena. Ocel se střední prokalitelností v oleji (cca 40 mm v celém průřezu), velmi dobrá houževnatost při poměrně vysoké tvrdosti, dobrá odolnost proti dynamickému střídavému namáhání a namáhání údery, velmi dobrá pružnost a odolnost proti opotřebení (i ve stavu tepelně nezpracovaném), dobrá tvárnost za tepla a obrobitelnost v žíhaném stavu. Pro polotovary: tyče válcované / kované za tepla (kruhové, čtvercové, ploché, 6hranné, 8hranné), broušené, výkovky (kruhové, čtvercové, ploché), plechy válcované za tepla. Odolnost proti korozi malá. Svařitelnost obtížná. Na nástroje pro stříhání za studena: přestřihovací, prostřihovací, ostřihovací a děrovací (cca do 15 mm), nože nůžek na stříhání materiálu větších tloušťek. Na nástroje řezné: na obrábění dřeva (hoblovací nože, frézy, vrtáky, dlabací řetězy). Na nástroje ruční: ruční a pneumatické sekáče, šroubováky, klíče. Na nástroje upínací: pružné upínací nářadí (kleštiny, upínací trny a pouzdra). Na formy: vyhazovače, závitové kolíky pro tváření plastických hmot, formy (desky) na lisování cihel a šamotového zboží. Nástroje na drcení a mletí: menší kladiva a čelisti drtičů.

3.2. Výrobní postup

Stávající výrobní proces i navrhovaný využívá pouze podnikové stroje a zařízení, žádný z procesů není zajišťován externími firmami.

Výroba vřetene vychází z technického výkresu č. 4-302-110 (viz. Příloha A) a technologického postupu (viz. Tabulka č.2 – Technologický postup).

Tabulka č. 2 – Technologický postup

Č.	OPERACE	Pracoviště	Přípravný čas (min)	Výrobní čas (min)
10	SOUSTRUŽENÍ Zarovnat, navrtat, vrtat Ø5 x 17,5mm; soustružit na Ø6,1 ^{+0,1} x 10,5mm; Ø5,2 ^{+0,1} x 17mm pro závit; kužel 28° (Ø7,7 ^{+0,05} , zápich 2,5 a 3mm) Ø6,4 H13; řezat závit M6 x 0,75-H6; sražení 0,4 x 30° Ø9,3 x 25mm, hranu 0,3 x 45°, upíchnout na 24,5mm. Kontrola házení na závitovém trnu do 0,05mm.	45116	90,0	5,66
20	VRTÁNÍ Vrtat v protočených čelistech Ø4,6 skrz; zarovnat, soustružit Ø4,7 (H8), Ø7 x 0,5mm; hrany 0,3 x 45°; sražení 0,5 x 30°.	41211	75,0	3,80
30	FRÉZOVÁNÍ Frézovat oploštění šíře 5mm a úkos 30°.	52180	60,0	1,43
40	ODJEHLIT po frézování	94210	5,0	0,29
50	KALIT	91711	40,0	0,30
60	POPUSTIT na 1200 – 1400 MPa	91715	30,0	0,60
70	BROUŠENÍ Brousit na trnu lehce čelo u Ø7; Ø9,2 na 9,2h5 pro přípravek.	55251	36,0	1,80
80	VYROVNAT v přípravku a brousit Ø4,9H7.	55650	109,0	3,42
90	V přípravku brousit Ø6,3H7. Kontrola házení.	55650	60,0	4,75
100	BROUŠENÍ Brousit kužel 28° ^{+15'} . Kontrola házení.	55650	137,0	5,70
110	Značit šipku dle výkresu	94213	20,0	0,40
120	KONTROLA			
CELKEM		9	662,0	28,15

Přípravný i výrobní čas je rozpočítán podle vzorce 4.3/1, uvedeným na straně 33, s ohledem na dávku 200 kusů.

Tabulka č. 3 - Číselník strojů a pracovišť

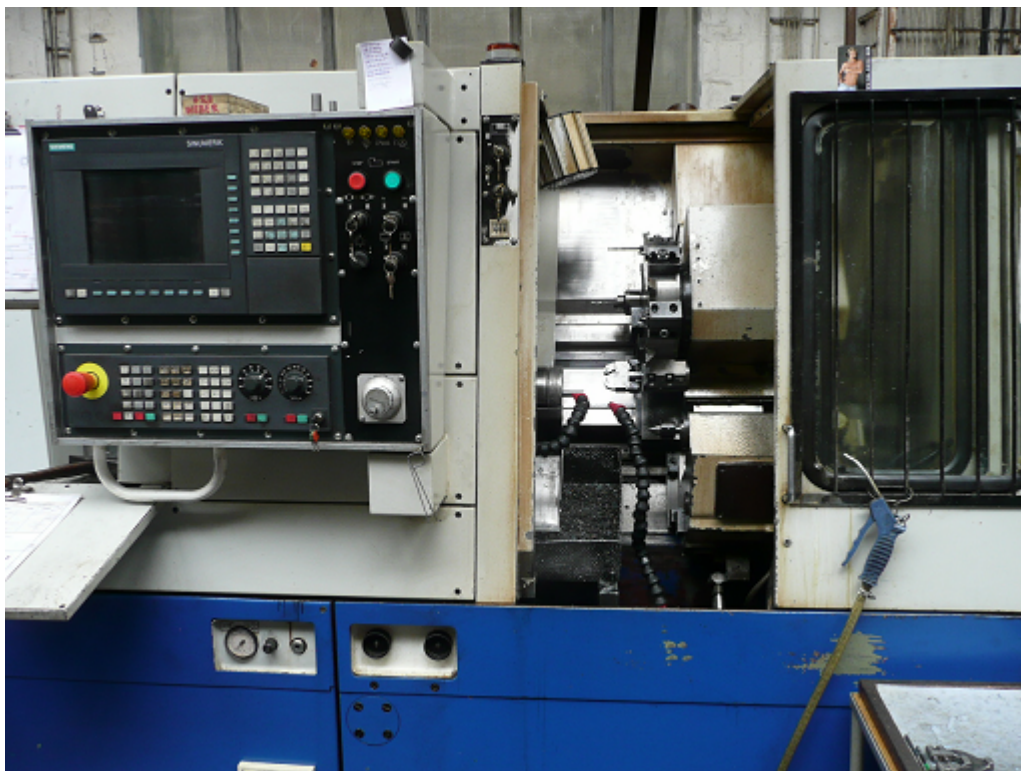
NÁZEV PRACOVIŠTĚ	ČÍSLO
Soustružnický poloautomat SPRY 40NC	45116
Hrotový soustruh S 28	41211
Svislá fréza FV1	52180
Ruční práce	94210
Kalici pec víceúčelová	91711
Popouštěcí pec do 300°C	91715
Bruska na kulato BHU 25	55251
Otvorová bruska BDA 80	55650
Značení	94213

Výrobní postup je značně složitý. Výrobek prochází celkem devíti pracovišti a mnoha výrobními operacemi, což prodlužuje dobu výroby, zaměstnává velký počet pracovníků, komplikuje materiálový tok a negativně tak ovlivňuje cenu konečného výrobku. Manipulací a častým přepínáním obrobku se také zvyšuje chybovost a tím množství zmetků.

Nejproblematictější operace je operace kalení a popouštění, kdy materiál vlivem tepelné roztažnosti silně pracuje a ovlivňuje rozměry a tvar výrobku.

3.2.1. Soustružení

Soustružení je provedeno na poloautomatickém stroji SPRY 40 CNC (obrázek č. 4) s řídicím systémem SIEMENS SINUMERIK 810D (program je přílohou C). Tento poloautomat je určen pro kusovou, malosériovou případně sériovou výrobu součástí soustružnického charakteru z tyčového materiálu v rozsahu průměrů 6 až 40 mm. Vřeteno je poháněno stejnosměrným regulačním motorem, který umožňuje plynulou regulaci v rozsahu 40-4500 ot*min⁻¹ a obrábění konstantní rychlostí. Stroj je vybaven 12-ti polohovou revolverovou nástrojovou hlavou.









Obrázek č. 4 – Soustružnický poloautomat SPRY 40 CNC




Použité nástroje:

Pro soustružení na tomto stroji je použito 9 nástrojů:

Tabulka č. 4 – přehled nástrojů

Ozn.v programu	NÁSTROJ	FUNKCE	VYOBŘÁZENÍ
T1	Nůž stranový levý ISCAR PDJ-1616H-11	Zarovná čelo, poloměr ostří R0,8.	

T2	Vrták HSS Ø5	Vrtá Ø5 mm.	
T3	Nůž stranový levý ISCAR PDJNL-1616-11	Soustruží povrch, poloměr ostří R0,4.	
T5	Vrták HSS Ø4,4	Vrtá Ø4,4 mm.	
T6	Nůž do otvoru ISCAR PICCO R040.4-20	Hrubuje otvor a kužel, poloměr ostří R0,2.	
T7	Nůž do otvoru ISCAR PICCO R040.6-20	Soustruží otvor a kužel na čisto, poloměr ostří R0,2.	

T8	Zapichovací nůž do otvoru ISCAR PICCO R004.0100-20	Vytvoří zápichy 2,5 a 3, šířky 1,5 mm.	
T9	Závitový nůž do otvoru ISCAR R004.020-20	Soustruží závit, stoupání 0,75 mm.	
T11	Upichovací nůž ISCAR DGTR-2020-2	Upíchne materiál.	

Na poloautomatickém stroji SPRY 40 CNC je součástka osoustružena pouze z jedné strany, proto po upíchnutí je v soustružení pokračováno. Jelikož zbývá vyrobit jen otvor na druhé straně, sražení a osazení, je na tyto práce použit hrotový soustruh. Použití hrotového soustruhu je v tomto případě výhodnější než obráběcího centra, protože čas strávený přepínáním součástek do poloautomatu a spouštění programu se téměř vyrovná času výroby na hrotovém soustruhu. Použití dvou strojů také umožňuje práci na součástce v jednom čase.

3.2.2. Frézování

Operace frézování je nutná pouze pro výrobu oploštění pro montážní klíč.

Frézování je zajištěno vertikální frézou FV1 (obrázek č. 5)



Obrázek č. 5 – Vertikální frézka FV 1

Použité nástroje:

Oploštění jsou složité na výrobu. Jejich složitost je dána zkosením 30° na každé straně. Toto lze vyrobit:

- a) s použitím děličky, která by s celým výrobkem pootočila o požadovaný úhel;
- b) speciálně upraveným nástrojem.

Varianta a) je příliš časově náročná, protože oploštění by bylo vyrobeno minimálně na 3 jetí nástroje. Proto je tomto případě je použit speciálně upravený nástroj. Jedná se o stopkovou frézu, která má ostří na čele nástroje zbroušeno pod úhlem 30° (obrázek č. 6). Její vrcholový průměr odpovídá šířce oploštění, proto může být celé oploštění vyrobena na jedno jetí nástroje.



Obrázek č. 6 – Stopková fréza čelní

3.2.3. Kalení a popouštění

Pro dosažení potřebné tvrdosti povrchu je po obráběcích operacích nutné vřetená zakalit.

Kalení probíhá v atmosférické kalicí peci IPSEN TQF-3 (obrázek č. 7) s rozsahem teplot 750° - 1050°C. Tepelné zpracování součástí v ochranné atmosféře zajišťuje povrch dílů je bez opalu a okují. Součástí kalicí pece je velká olejová lázeň, což minimalizuje deformace. V peci je užit vysoce kvalitní kalicí olej. Tvorbu ochranné atmosféry zabezpečuje propan, metanol a dusík. Kalicí procesy jsou plně automatizovány a splňují tak veškeré požadavky na zpětnou dohledatelnost a evidenci.

Kalení je proces, při kterém se materiál ohřeje na teplotu austenitizace (teplotu kalení) po které následuje rychlé ochlazení pod teplotu počátku vzniku martenzitu (zákalné struktry). Doba ohřevu potřebná k dosažení kalicí teploty v požadovaném průřezu závisí na průřezu, na výši předehřívací a kalicí teplotě a použitém zařízení pro ohřev. K jejímu stanovení slouží diagramy a tabulky závislosti doby ohřevu na průřezu, platné pro zvolené podmínky ohřevu a použité zařízení. Určení optimálních dob ohřevu však dáno hlavně zkušeností. Teplota austenitizace musí být zvolena tak, aby došlo k uvedení přiměřeného množství karbidů do roztoku a tím k obohacení austenitu uhlíkem a dalšími prvky, které se na tvorbě karbidů podílely. Kalicí teploty se pohybují 30 až 80°C nad teplotou přeměny A_{c3} (křivka GSK diagramu Fe-Fe₃C). V případě oceli 19 452 je stanovena kalicí teplota na 840°C. Uvedení karbidů do roztoku je též funkcí času, proto je nutná i prodleva na teplotě austenitizace (kalicí teplotě). Ochlazení v doporučeném prostředí musí proběhnout rychlostí, při které se co nejvíce austenitu přemění na martenzit. Přeměna na martenzit však nebývá úplná a proto je nutno počítat s tzv. zbytkovým austenitem. Ochlazování probíhá do olejové lázně. Na rychlosti ochlazování z kalicí teploty závisí konečná tvrdost daná vznikem martenzitu. Pro každý druh oceli existuje tzv. kritická ochlazovací rychlost,

při které ještě probíhá přeměna austenitu na martenzit. Při kalení je proto nezbytné nastavit, použitím vhodného ochlazovacího prostředí, ochlazovací rychlost pro daný druh oceli a rozměr a tvar kaleného předmětu tak, aby byla větší než kritická. Pomůckou k určení kritické ochlazovací rychlosti pro jednotlivé druhy ocelí jsou diagramy Anizotermického Rozpadu Austenitu (ARA-diagramy), které popisují průběh rozpadu austenitu a vznikající struktury při plynulém ochlazování z austenitizační teploty. Rychlost ochlazování by neměla být větší, než je pro docílení požadované tvrdosti nezbytně nutné. V opačném případě vznikají v kaleném materiálu nadměrná pnutí, která mohou vést až k destrukci.



Obrázek č. 7 –Kalicí pec IPSEN TQF-3

Po kalení následuje popouštění, jehož cílem je provést rozpad martenzitu i zbytkového austenitu a získat strukturu, která bude mít nižší tvrdost a pevnost a vyšší charakteristiky houževnatosti, odstranit vnitřní pnutí a křehkost. Popouštění probíhá v peci IPSEN DLR v ochranné atmosféře (obrázek č. 8). Popouštění je nutné provést

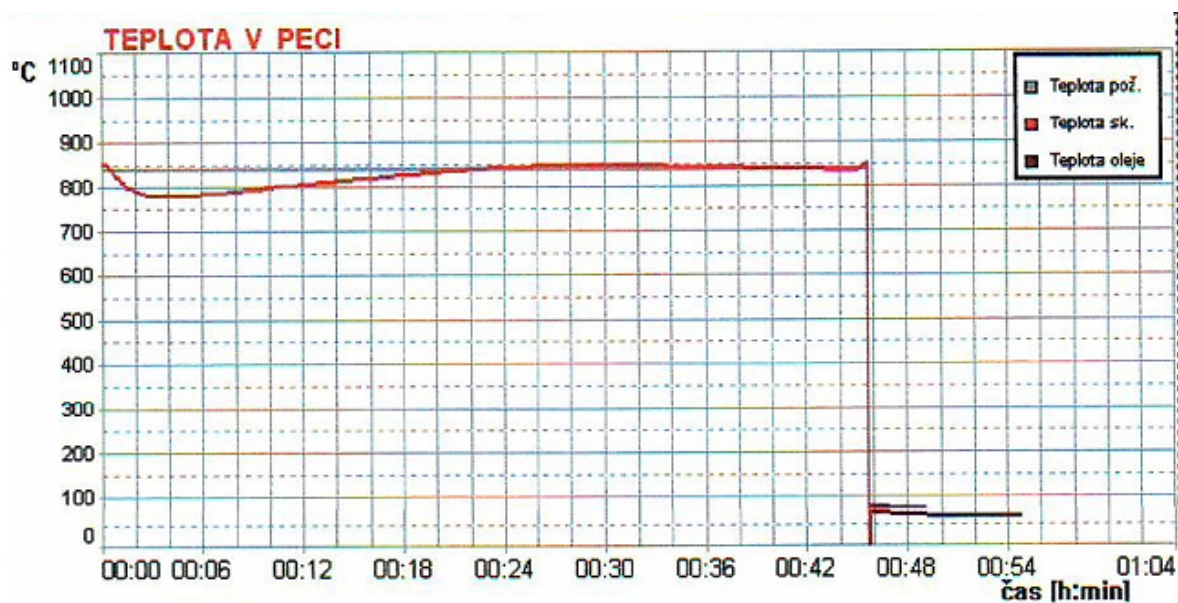
bezprostředně po kalení, nejdéle do 20-ti minut. Popouští se v peci s ochrannou atmosférou přibližně 2 hodny.



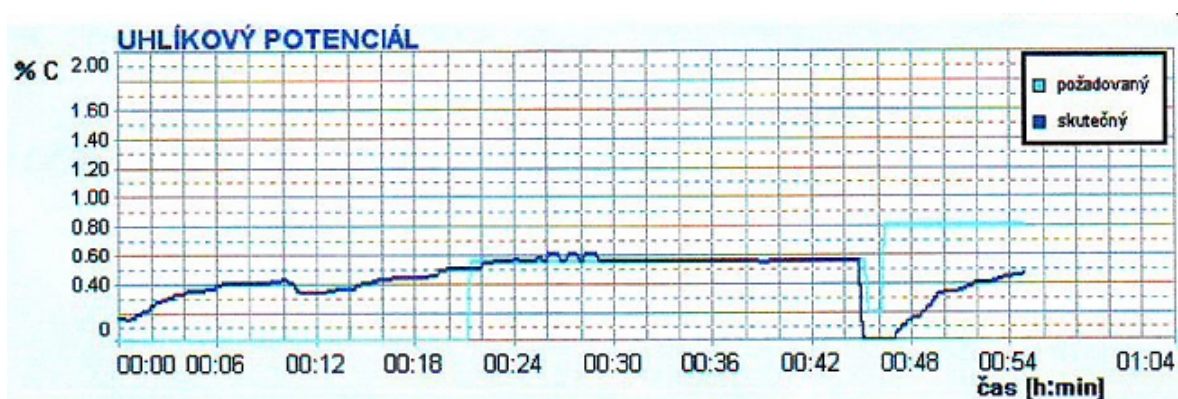
Obrázek č. 8 – Popouštěcí pec

Tepelné zpracování probíhá podle následujícího postupu:

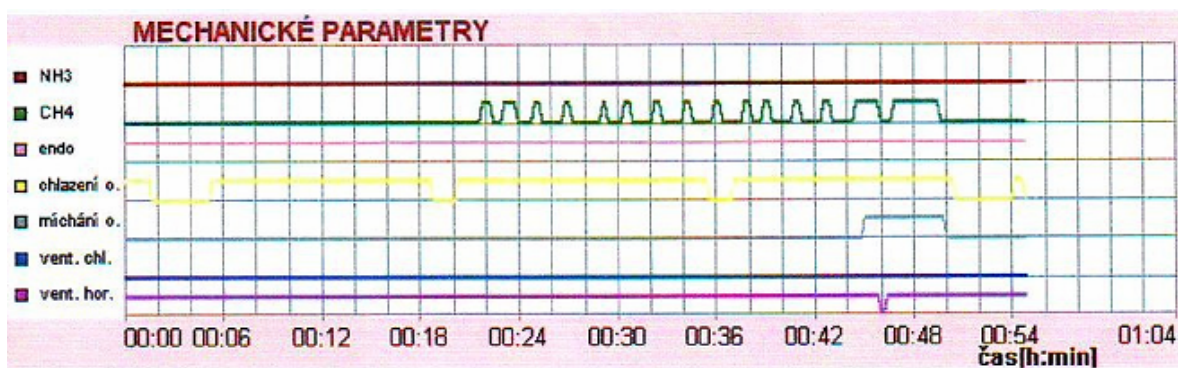
- Narovnat kusy do koše dle tvaru;
- odmastit v pračce;
- založit do pece a spustit program K12 (záznam průběhu programu je znázorněn v grafech č. 1, 2 a 3);
- popustit po kalení, nejdéle do 20-ti minut, po dobu 2 hodin;
- změřit tvrdost po popuštění (při požadované tvrdosti pokračovat, při tvrdosti menší než požadovaná opakovat proces kalení);
- kusy vyrovnat do přepravních beden;
- potvrdit operace v průvodce, předat k dalšímu zpracování.



Graf č. 1 – Průběh teploty v peci při kalení



Graf č. 2 – Uhlíkový potenciál v atmosféře



Graf č. 3 – Dění v peci v průběhu kalení

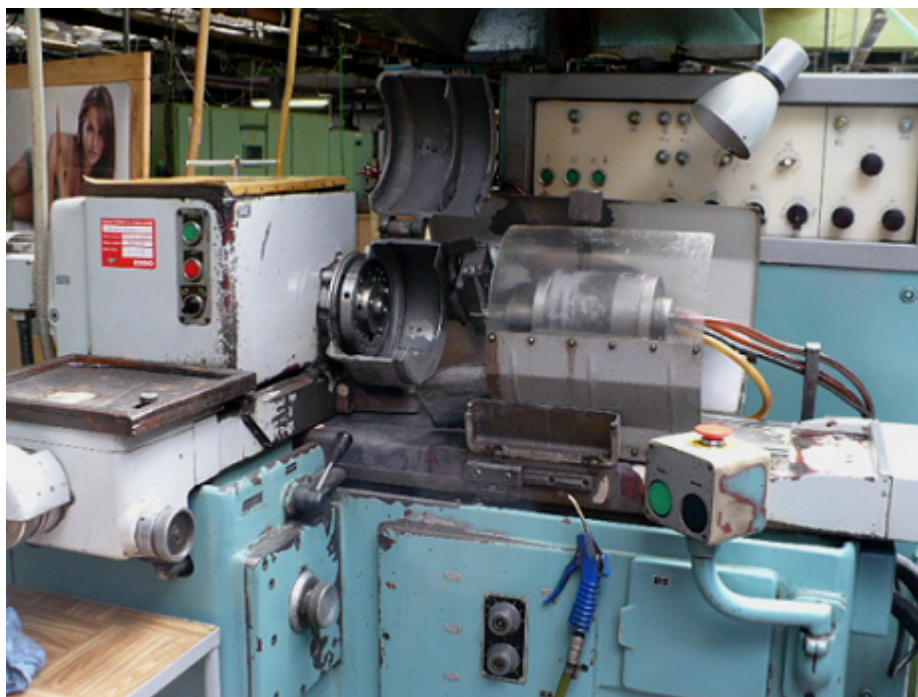
3.2.4. Broušení

Po kalení je dalším možným způsobem opracování pouze broušení.

Vnitřní broušení

Cílem vnitřního broušení je v tomto případě jednak dosažení hladkého a přesného v otvoru určeném pro nalisování rotoru a také zlepšení tvaru kuželu a dutiny pro upevnění kleštiny. Tento prostor musí být přesný zejména kvůli házení. Jak bylo již uvedeno, dutina s kuželem slouží k usazení kleštiny. Kleština nese nástroj rotující vysokými rychlostmi. Kdyby byla kleština usazena nepřesně došlo by k vyosení nástroje a při rotaci k nežádoucím vibracím. Vibrace by neúměrně zatěžovaly ložiska a další součástky uvnitř brusky, které by tak nemohly správně vykonávat svou funkci. Docházelo by k vyššímu opotřebení a životnost celého přístroje by se snížila. Také práce s pneumatickou bruskou by byla při větším vyosení nemožná kvůli vibracím nástroje. Nástroj by nerotoval kolem vlastní osy, což by vedlo k jeho namáhání, možné destrukci a opracovávaný povrch by vykazoval nežádoucí struktury.

Vnitřní broušení je prováděno na pneumatické otvorové brusce BDA 80 (obrázek č. 9) pomocí brousícího tělíska 98 A 80 K 9V (růžový korund s keramickým pojivem).

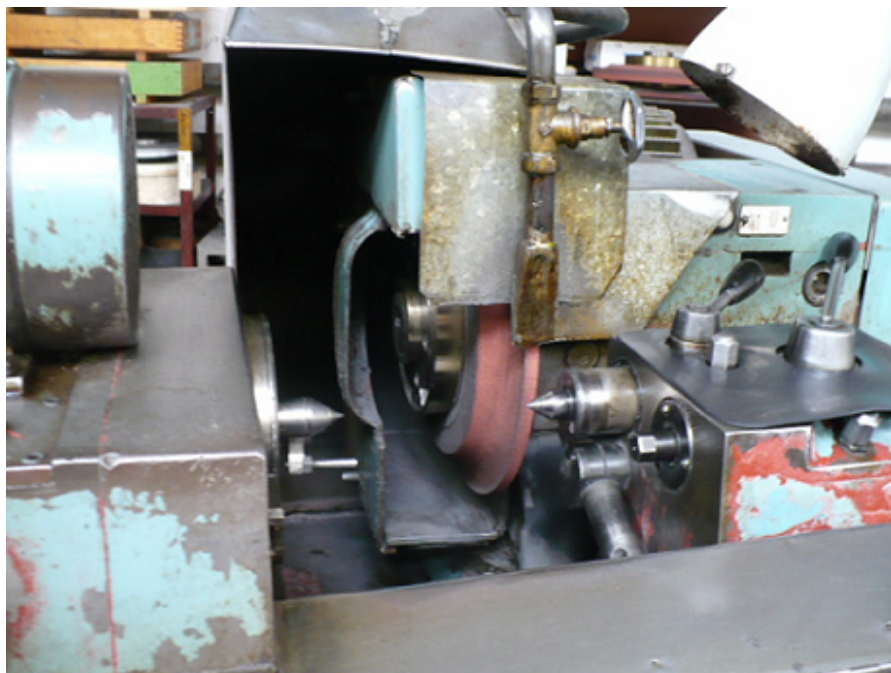


Obrázek č. 9 – Pneumatická otvorová bruska

Vnější broušení

Vnější (obvodové) broušení je pak prováděno především kvůli zlepšení povrchu a tvaru deformovaném po kalení.

Vnější broušení je prováděno brousícím kotoučem na obvodové brusce BHU 25 (obrázek č. 10)



Obrázek č. 10 – Obvodová bruska BHU 25

Brousící kotouče jsou svým tvarem přizpůsobeny přesně na tvar součástky určené k broušení (obrázek č. 11).



Obrázek č. 11 – Brousící kotouče

3.2.5. Značení

Označení vřetene šipkou určující směr otáčení je děláno mechanickým způsobem - vyškrabáváním. Dříve se označovalo leptáním kyselinou, po které se součástka musela ještě oplachovat v neutralizační lázni, aby se zamezilo korozi vřetene. Vzhledem k vlivům kyseliny na životní a pracovní prostředí se od leptání kyselinou upustilo.

4. VÝROBA VŘETENE – NAVRHOVANÁ

Cílem navrhovaného řešení je celý výrobní postup zjednodušit a odstranit tak hlavní nevýhodu stávajícího výrobního postupu čímž je vysoká cena součástky.

Cenu ovlivňuje množství výrobních pracovišť a především proces kalení, který má mimo jiné značný vliv na rozměry a tvar součástky. Základem je tedy volba materiálu, který má dostatečnou povrchovou tvrdost nevyžadující kalení a současně dobrou obrobitelnost.

4.1. Materiál

Za nový vstupní materiál byla zvolena ocel 42CrMoS4-V průměru 10mm. Tento materiál se již používá na výrobu součástek s obdobnou funkcí v mateřském podniku firmy Deprag v německém Ambergu. Dle předpokladu by materiál měl splňovat všechny požadavky. Než ale bude zahájena sériová výroba, je nutné vhodnost materiálu ověřit.

Dle ČSN je materiál značen 15 142. Charakteristika této oceli je taková, že se jedná o ocel Cr-Mo k zušlechťování a k povrchovému kalení, pro velké výkovky. Ocel je dobře tvařitelná za tepla, ve stavu žíhaném na měkko dobře obrobitelná. Je vhodná pro povrchové kalení. Tvrdost povrchově kalené vrstvy závisí na způsobu kalení, rozměru a geometrickém tvaru součásti a je cca 54 - 60 HRC. Užívá se na velmi namáhané součásti strojní a součásti silničních motorových vozidel (hřídele a spojovací součásti). V zušlechtěném stavu na odlitky k přímému použití, jako ocel odolná proti abrazi, namáhané středními rázy dynamických sil, např. bagrové zuby, pluhová ostří v zemědělství apod. Svařitelnost dobrá - přehřev na 350°C. Po svaření se doporučuje normalizačně vyžít na 680 – 720°C. Na funkčně exponovaných místech se svařování nedoporučuje.

Podle evropské normy je přesné značení této oceli 42CrMo4. Přidané S v názvu potom znamená, že ocel má zvýšený obsah síry, což jí dává lepší obrobitelnost. V v názvu potom označuje její tažené provedení, což zase zlepšuje její pevnost (850 – 900 N*mm⁻²) za zachování dobré obrobitelnosti.

4.2. Ověření návrhu

Před začátkem sériové výroby vřeten z nového materiálu bylo potřeba vyrobit několik prototypových součástek na kterých se ověřili základní parametry, které musí vřeteno splňovat, aby mohlo být namontováno do pneumatické brusky.

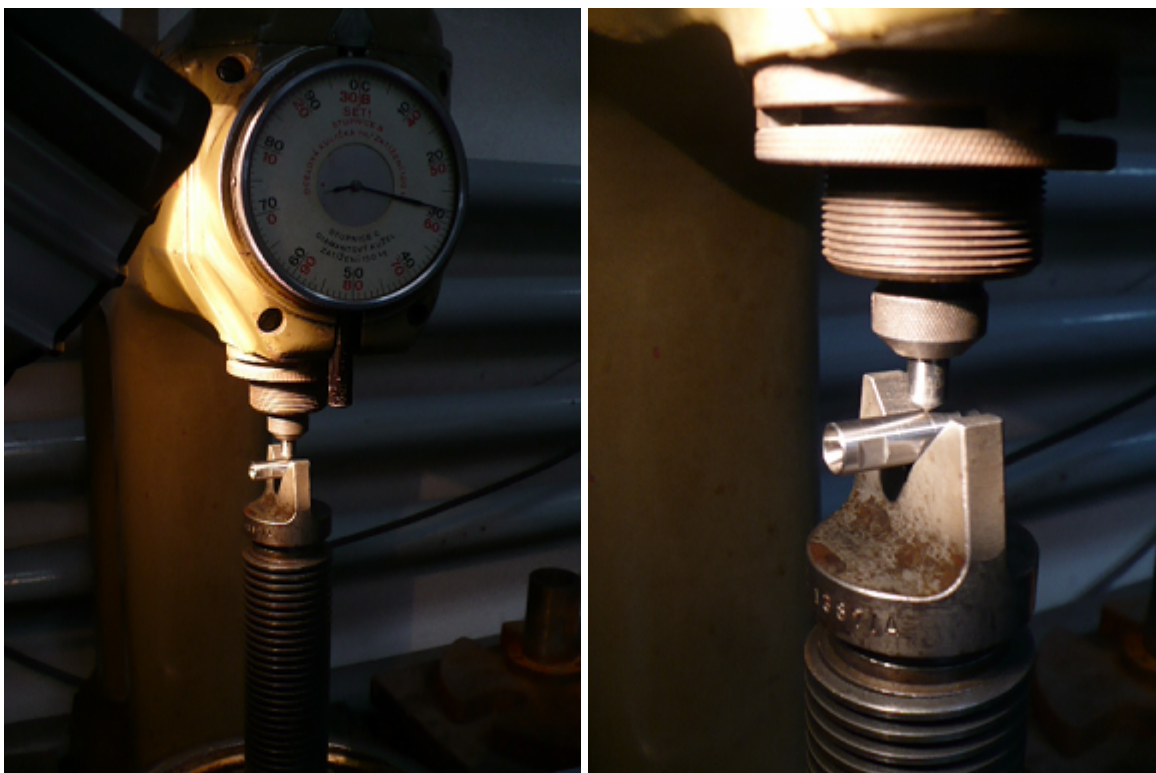
Mezi základní parametr lze zařadit tvrdost a mechanické vlastnosti materiálu.

Prototypová vřetena byla vyrobena v počtu 5 kusů, na kterých se provedlo ověření nového materiálu.

4.2.1. Kontrola tvrdosti

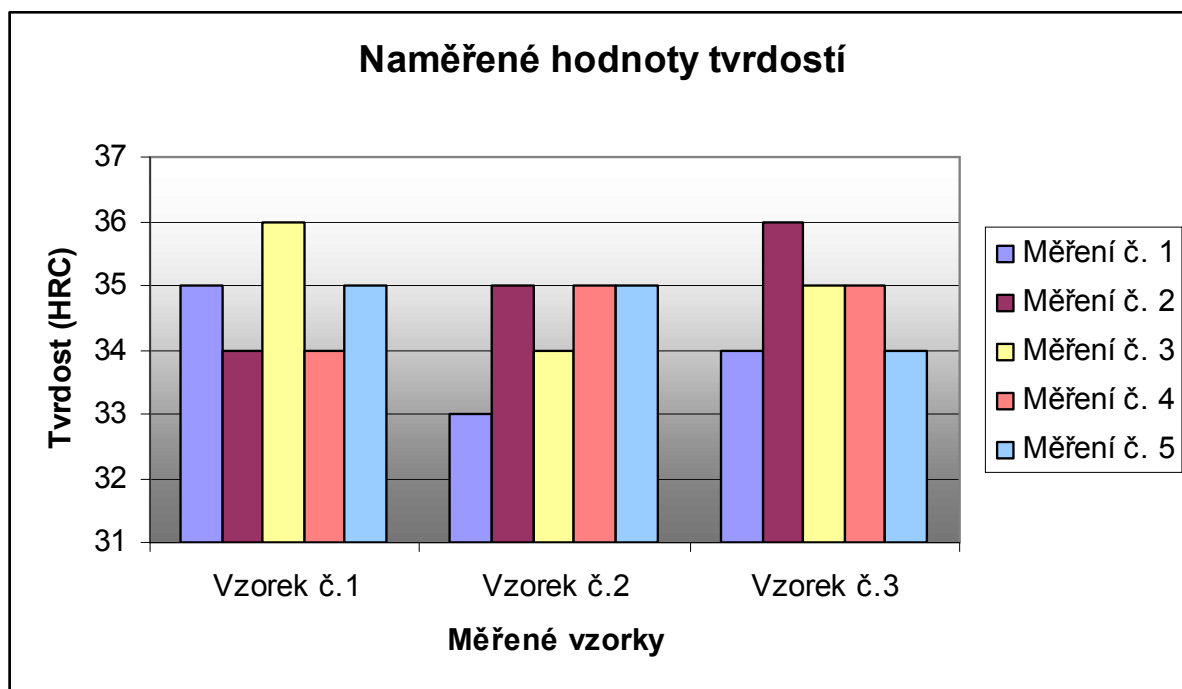
Pro ověření povrchové tvrdosti zhotoveného vřetena bylo provedeno měření tvrdosti zkouškou dle Rockwella.

Podstatou zkoušky je, že do zkoušeného materiálu je vtlačeno zkušební tělísko - v našem případě diamantový kužel s vrcholovým úhlem 120° . Mírou tvrdosti je velikost plastické deformace, která vznikne vtlačení zkušebního tělíska. Zkušební tělísko je vtlačeno do materiálu nejdříve předzátěží $F=98,1\text{N}$ (100N), aby byly odstraněny vlivy nerovnosti povrchové vrstvy. Dále se zvyšuje zatížení na předepsanou hodnotu. Po ustálení ručičky úchylkoměru lze pak na stupnici odečíst tvrdost ve stupních podle Rockwella (obrázek č. 12 a 13).



Obrázek č. 12 a 13 – Měření tvrdosti dle Rockwella

Měření bylo provedeno na třech vzorcích 5x v různých místech. Celkem bylo provedeno 15 měření (graf č. 4).

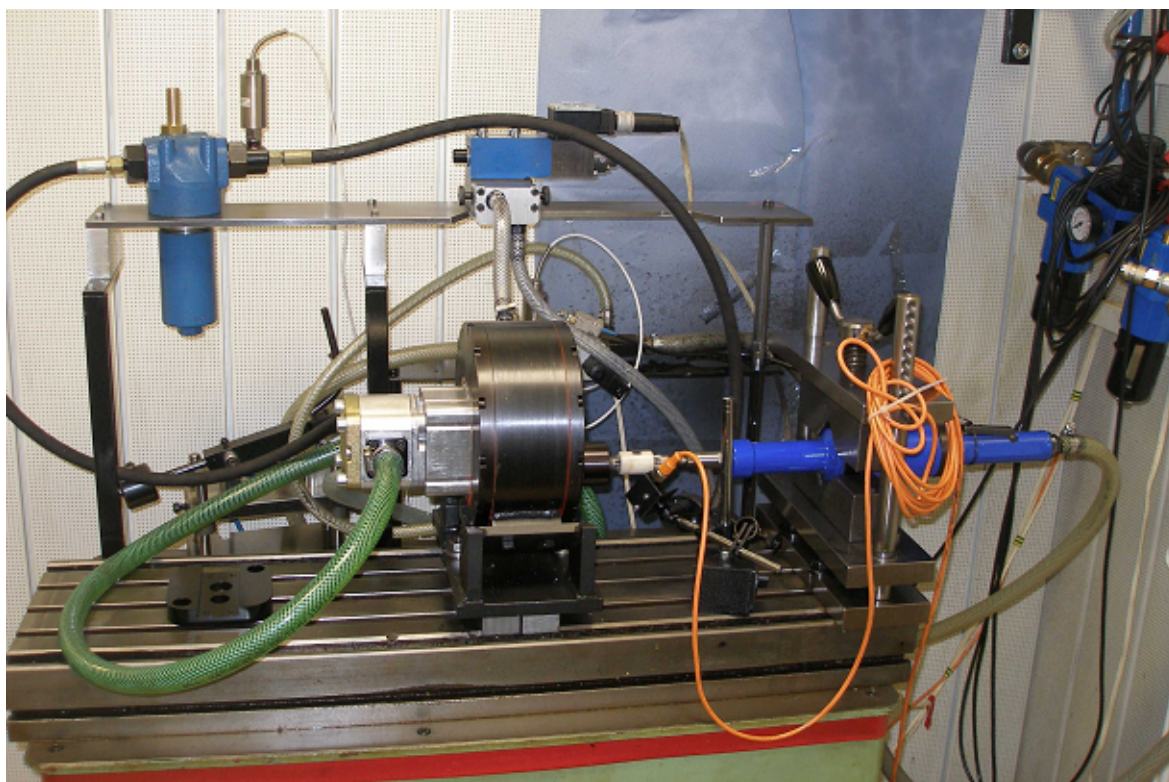


Graf č. 4 – Naměřené hodnoty tvrdosti

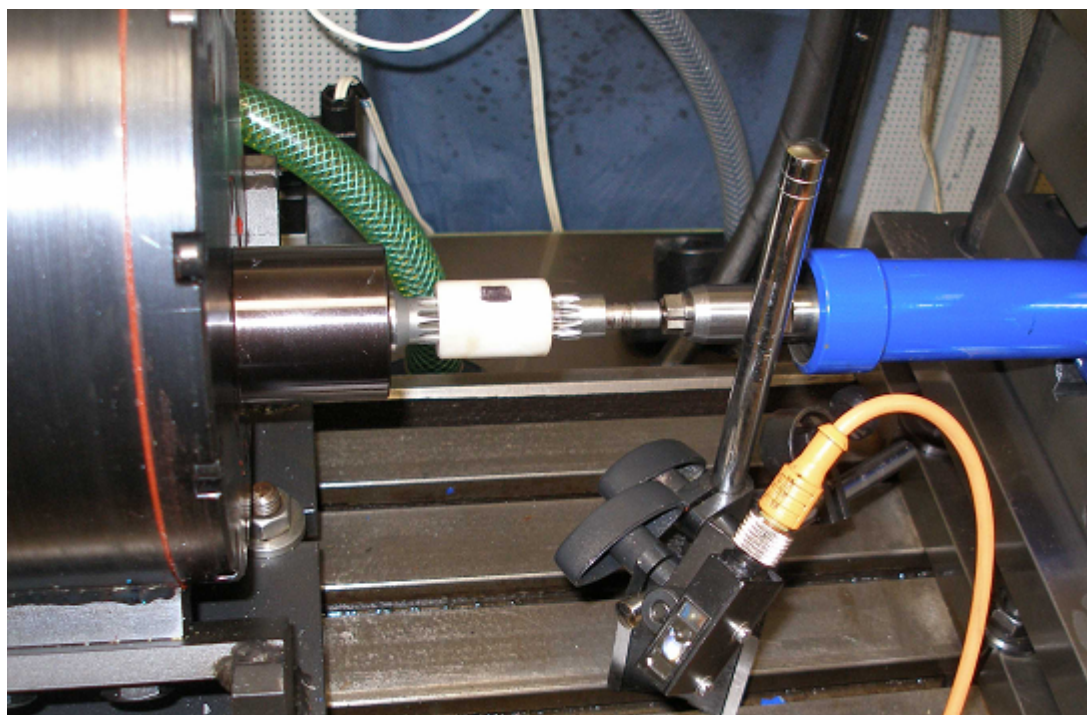
U vřeten z nově navrženého materiálu byly naměřeny hodnoty v rozmezí 33 - 36 HRC. Tyto hodnoty odpovídají zatížení 900 – 1050 MPa. U kaleného vřetena se hodnoty pohybovaly od 38 – 43 HRC (1200 – 1400 MPa). Hodnoty jsou nižší než u kaleného vřetena, ale ne výrazně. Dalo by se předejmout, že tyto nižší hodnoty by neměly mít výraznější vliv na funkčnost vřetena a nový materiál by tak mohl vyhovovat. To prověří další testování.

4.2.2. Kontrola mechanických vlastností

Čtvrtý a následně pátý vzorek vřetene byly namontovány do pneumatické brusky, která prošla kontrolním zátěžovým testem. Tento test má prověřit zda materiál mechanicky vyhoví. Testování probíhá na speciálním testovacím zařízení (obrázek č. 14, 15), které bylo zkonstruováno přímo pro zkušební účely na ručních pneumatických bruskách. Zařízení umožňuje simulovat radiální i axiální zatížení.



Obrázek č. 14 – Testovací zařízení



Obrázek č. 15 – Testovací zařízení

Každý test probíhá minimálně 400 pracovních hodin. Toto je minimum, co musí každá součástka bez porušení vydržet. Testy ale zpravidla trvají cca 1000 pracovních hodin.

Čtvrté z prototypových vřeten bylo namontováno pro kontrolní test trvající 600 hodin a páté bylo testováno do porušení. Čtvrté prototypové vřeteno bylo po zátěžovém testu vyjmuto z brusky a prohlédnuto. Vykazovalo pouze známky běžného opotřebení (viz. obrázek č. 16)



Obrázek č. 16 – Opotřebované vřeteno s nalisovaným rotorem

Páté vřeteno, které bylo testováno do porušení odpracovalo 1436 pracovních hodin. Ani po této době nedošlo k úplnému porušení vřetene. Došlo pouze k zásadním tvarovým změnám. Materiál vřetene byl, vlivem otěru tvrdším materiálem kleštiny, otlačen a docházelo tak k vysokým vibracím na pracovním nástroji brusky. Takového vřeteno již neplní svou funkci a stává se nebezpečným. Nebezpečí vyplývá z možnosti porušení neseného nástroje a zraněním obsluhy brusky (obrázek č. 17).



Obrázek č. 17 – porušení brousícího nástroje vlivem vibrací

4.2.3. Kontrola technických vlastností

Dalším testem, kterým prochází každý výrobek, který opouští podnik, je ověření technických vlastností. Tento test měl prověřit, zda nový materiál vřetene ovlivní, či neovlivní parametry brusky.

Testování probíhá na speciálním zkušebním stroji MODIA, typ DG 1-4, s maximálním kroutícím momentem 1 Nm (obrázek č. 18) při provozním tlaku vzduchu 6 barů.



Obrázek č. 18 – Zkušební zařízení MODIA, typ DG 1-4

Tento test má prověřit celkovou funkci brusky jako celku. Mezi hlavní sledované parametry patří otáčky, točivý moment a výkon. Tyto hodnoty jsou odečítány na displeji přístroje a zapisovány do tabulky (tabulka č. 6).

Tabulka č. 5 - Vstupní parametry testu

Provozní tlak:	6 bar
Spotřeba při volnoběžných otáček [min^{-1}]:	150
Volnoběžné otáčky [min^{-1}]:	54 000
Směr otáček:	PRAVÝ
Rozsah měřidla (délka ramene[mm]):	10
Průměr kotouče [mm] / průměr brzdy [mm]:	30/30

Naměřené hodnoty z testu jsou zobrazeny v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6 – Naměřené hodnoty při tlaku 6 bar

Otáčky [min^{-1}]	Točivý moment [zobrazené hodnoty]	Výkon [W]
53000	0,000	0,0
50000	0,025	13,1
45000	0,068	32,0
40000	0,110	46,1
37500	0,123	48,3
35000	0,158	57,9
32500	0,166	56,5
30000	0,173	54

Uvedené hodnoty jsou zaznamenány v grafu č. 5.

Naměřené hodnoty jsou totožné s hodnotami naměřenými na bruskách s kalenými vřeteny, proto lze říci, že nově použitý materiál vřetene nemá na technické parametry brusky vliv.

Graf č. 5 – Charakteristika výkonu a točivého momentu v závislosti na otáčkách



4.3. Výrobní postup

Dle předpokladů materiál splňuje podmínky jeho použití pro výrobu vřetene. Byl tedy navržen nový výrobní postup této součástky založený na nově použitém materiálu.

Výrobní postup je navržen tak, aby bylo maximálně využito co nejméně výrobních pracovišť.

Takto je možné optimalizovat:

- využití strojů a zařízení,
- pracovní síly,
- manipulační časy,
- tok materiálu,

což se v konečném důsledku pozitivně promítne v ceně celkového výrobku.

Nově navrhovaný výrobní postup vychází z upravené výkresové dokumentace č. 3-302-110 (viz. Příloha B).

Změněna se týká konstrukce vnitřní dutiny. V dutině může být vynechán zápich délky 2,5. Jeho výroba byla nutná kvůli výběhu brousícího nástroje. Protože odpadla operace kalení a popouštění nedochází k deformaci vnitřní dutiny vřetena. Do vnitřní dutiny vřetena se umísťuje kleština, která nese nástroj, proto je důležitý její tvar a přesnost. Protože bylo vřeteno zakalené, mohlo být provedeno další obrábění dutiny pouze broušením. Vzhledem k tomu, že vřeteno již neprochází procesem kalení a díky přesnému obrábění na navrhovaném dvouosém obráběcím centru, je dutina dostatečně přesná, že ji není již nutno brousit.

Tabulka č.7 – Technologický postup

Č.	OPERACE	Pracoviště	Přípravný čas (min)	Výrobní čas (min)
10	SOUSTRUŽENÍ Zarovnat, navrtat, Ø 5 x 17,2mm; vrtat Ø4,5 x 24,5mm; soustružit Ø6,3H7 x 10,5mm; Ø5,2 ^{+0,15} x 17mm pro závit; kužel 28° -5'-15'	45481	180,0	6,66

	<p>hotově; zápich 3/ Ø6,4; řezat závit M6 x 0,75-H6 nožem; soustružit Ø9,2 na Ø9,2h7, odjehlít a sražení 0,3 x 30°; frézovat oploštění $8^{-0,05 -0,15}$ x 5mm včetně úkosu, na délce 24,5 upíchnout; přepnout, v protočených čelistech čistě zarovnat na délku $24,1^{+0,1}$; soustružit Ø4,7$^{-0,1}$; Ø7 x 0,5mm; hrany 0,2 x 45°, v otvoru 0,5 x 30° sražení.</p> <p>Kontrola házení dutiny do 0,025mm ve vzdálenosti 5mm.</p> <p>Kontrola kolmosti.</p>			
20	<p>BROUŠENÍ</p> <p>Brousit v přípravku na Ø9,2 vyrovnat; brousit Ø4,9 H7.</p> <p>Kontrola házení otvoru Ø4,9 od Ø9,2 (v prizmatu) do 0,02.</p> <p>Kontrola válcovitosti otvoru.</p>	55650	109,0	3,42
30	<p>BROUŠENÍ</p> <p>Brousit Ø9,2 načisto pro značení.</p>	55430	20,0	0,35
40	<p>ZNAČIT šipku laserem ve směru dle výkresu.</p>	53540	20,0	0,38
70	<p>KONTROLA házení dutiny na trnovém měřidle v délce 10mm do 0,03! (obdobu montážní sestavy).</p>	15		
CELKEM		5	329,0	10,81

Přípravný čas: je stanoven dle zkušeností s obsluhou jednotlivých strojů zpracovaných do tabulek. Přípravné časy na jednotlivých stanovištích jsou ovlivněny složitostí stroje, počtem nástrojů se kterými disponuje a způsobem upínání nástrojů.

Výrobní čas: je v tabulce stanoven na 1 kus. Čas se vypočte z času cyklového (T_d), který je změřen přímo na stroji. Výpočet je proveden podle vzorce 4.3/1 s ohledem na dávku v počtu 200 kusů.

$$T_s = \frac{T_d}{X} * k \quad (\text{min}) \quad [4.3/1]$$

Tabulka č. 8 - Číselník strojů a pracovišť

NÁZEV PRACOVIŠTĚ	ČÍSLO
Automatický soustruh MORI SEIKI SL153	45481
Otvorová bruska BDA 80	55650
Bruska na kulato BBZ 60 bezhrotá	55430
Značení laserem PIRANHA	53540
Kontrola	15

4.3.1. Obrábění

Všechny obráběcí operace, mimo broušení, je vykonáno na moderním dvouosém obráběcím centru MORI SEIKI SL153 (obrázek č. 19). Jedná se o centrum s jednou 12-ti polohovou revolverovou nástrojovou hlavou s možností oboustranného upnutí nástrojů. Celkem tedy může operovat až 24-mi nástroji. Pro manipulaci s materiálem slouží dvě vřetena umístěná proti sobě.



Obrázek č.19 – Obráběcí centrum MORI SEIKI SL153

Hlavní přednosti obráběcího centra MORI SEIKI SL153 proti původně použitému automatu jsou:

- vyšší přesnost a tuhost;
- vyšší integrace procesů;
- vyspělejší řídicí technologie.


Toto obráběcí centrum díky poháněné nástrojové hlavě umí vykonávat operace v různých osách. Celé obrábění (mimo broušení) lze tak uskutečnit v rámci jednoho stroje: soustružení, frézování, vrtání, výroba závitu, odjehlení. Odpadne tak nadměrná manipulace s obrobkem. Obráběcí operace jsou naprogramovány do operačního programu stroje (viz. Příloha D). Příprava programu byla náročná, protože program je složitý jak na manipulaci, tak množstvím použitých nástrojů. Zjednodušení při programování přinesl software Master CAM, který nabízí interaktivní 3D prostředí, ve kterém se vymodeluje tvar součástky a software, po zadání vstupních požadavků, navrhne a vygeneruje program pro její tvorbu. Takto jednou vytvořený program slouží pro velké objemy výroby.




Díky tomu, že se obráběcí operace dělají v rámci jednoho stroje a nedochází tak k nadměrné manipulaci s obrobkem, je celé obrábění velmi přesné. Příkladem toho je vnitřní dutina s kuzelem, která je obrobena s takovou přesností, že ji není potřeba brousit. Drsnost povrchu po obrábění v této oblasti dosahuje o něco málo lepší hodnoty než 1,6, což je pro účely upnutí kleštiny plně dostačující.

Použité nástroje:




Všechny obráběcí operace vykonává celkem 15 nástrojů:

Tabulka č. 9 – Přehled nástrojů

Ozn.v programu	NÁSTROJ	FUNKCE	VYOBRAZENÍ
T0101	Rohový trigon ISCAR MWLNR 2020K-06W	Soustruží čelo a povrch. Plátek WNMG06T304, poloměr ostří R0,4.	

T0202	Středící vrták HSS Ø4	Navrtá středící důlek.	
T0303	Fréza korunková HSS Ø28,1	Frézuje oploštění 8 ^{-0,1} se stražením 30°.	
T0404	Vrták tvrdokovový WNT VHM 11734050	Vrtá průměr 5 mm.	
T0505	Vrták HSS Ø4,5	Vrtá průměr 4,4.	
T0606	Nůž do otvoru ISCAR PICCO R040.4-25	Hrubuje otvor, poloměr ostří R0,2.	


T0707	Nůž do otvoru MITSCHUBISHI C04GSCLCR03	Soustruží průměr pro závit. Plátek CCGT 03S102-LF, poloměr ostří R0,2.	
T0808	Zapichovací nůž do otvoru ISCAR PICCO R004.0100-20	Pro zápich za závit. Šířka 1,5mm.	
T0909	Závitový nůž do otvoru ISCAR R004.0205-20 IR0,75-ISO	Vytvoří závit M6 x 0,75. Stoupání závitu 0,75mm.	
T1010	Nůž do otvoru ISCAR PICCO R040.4-15	Soustruží kužel a Ø6,3mm. Poloměr ostří R0,2.	
T1111	Upichovák ISCAR DGTR-2020-3	Upíchne na délku 24,5mm. Šířka 3mm.	
T1212	Doraz	Zajišťuje manipulaci s materiálem (přepnutí).	

T0117	Rohový trigon ISCAR MWLNR 2020K-06W	Zarovná čelo, hrubuje povrch. Plátek WNMG06T304, poloměr ostří R0,4.	
T0723	Nůž do otvoru ISCAR PICCO R040.6-15	Soustruží otvor. Poloměr ostří R0,2.	
T1026	Nůž stranový ISCAR PCLNR 2020K	Soustruží povrch, srazí hrany. Poloměr ostří R0,2.	

Řezné parametry, jako otáčky, posuv a hloubka řezu, jsou stanoveny dle tabulek s doporučením výrobce nástrojů s ohledem na omezující parametry stroje.

Po obrábění je provedena kontrola rozměrů. Kontrola se provádí pevnými měřidly uvedenými v tabulce č.8. Použití pevných měřidel zrychluje práci měření a snižuje počet nahodilých chyb, způsobených člověkem při odečítání rozměru.

Tabulka č. 10 – Přehled použitých měřidel

OZNAČENÍ MĚŘIDLA	POPIS	VYOBRAZENÍ
Mo 9,2h7	Měřidlo kalibrační obvodové na rozměr Ø9,2 h7	

Mt 4014–PB8C-25YK/209	Měřidlo trnové.	
Mk 192-PB8C-25YK	Měřidlo kuželové.	
Mt Ø4,7H – D.S.	Kalibrační trnové měřidlo na rozměr Ø4,7H.	
Mtz 62-PB8C-25YK/212	Kalibrační trnové měřidlo na kontrolu závitů rozměru M6 x 0,75-6H	
Mt Ø6,3 H7	Kalibrační trnové měřidlo na rozměr Ø6,3 H7.	
Mt 4013–PB8C-25YK/209	Měřidlo trnové pro kontrolu házení dutiny.	
Pbr 1721–PB8C-25YK/209	Přípravek pro kontrolu házení.	
Mt Ø4,9 H7	Kalibrační trnové měřidlo na rozměr Ø4,9 H7.	

4.3.2. Broušení

Díky absenci kalení, čímž se zabrání deformaci povrchu, není nutné brousit kužel, válcový otvor za kuželem a vnější obvod (vnější obvod se brousí pouze dočista kvůli značení šipkou určující směr otáčení vřetene). Toto broušení bylo nezbytné kvůli možnému

házení vřetene. Jelikož bruska pracuje s osovémi nástroji malých průměrů, sebemenší vyosení vřetene by znamenalo zničení nástroje.

Broušení vnitřního průměru 4,9 H7 pro nalisování rotoru probíhá stejným způsobem jako v původním technologickém postupu. Brousící tělísko, které je použito na broušení nového materiálu, je stejné 98 A 80 K 9V (růžový korund s keramickým pojivem).

Broušení obvodu kvůli očištění povrchu pro značení se dělá bezhrotým způsobem, to znamená, že broušení materiál není upevněn mezi hroty brusky, ale volně položen mezi dva brousící kotouče. Aby docházelo k plynulému otáčení součástky, má jeden z brousících kotoučů větší průměr a tím větší obvodovou rychlost (obrázek č. 21). Broušení probíhá na brusce BBZ 60 (obrázek č. 20). Tato bruska slouží k bezhrotému broušení vnějších rozměrů od průměru 3 mm do 60 mm.



Obrázek č. 20 – Bezhrotá bruska BBT 60

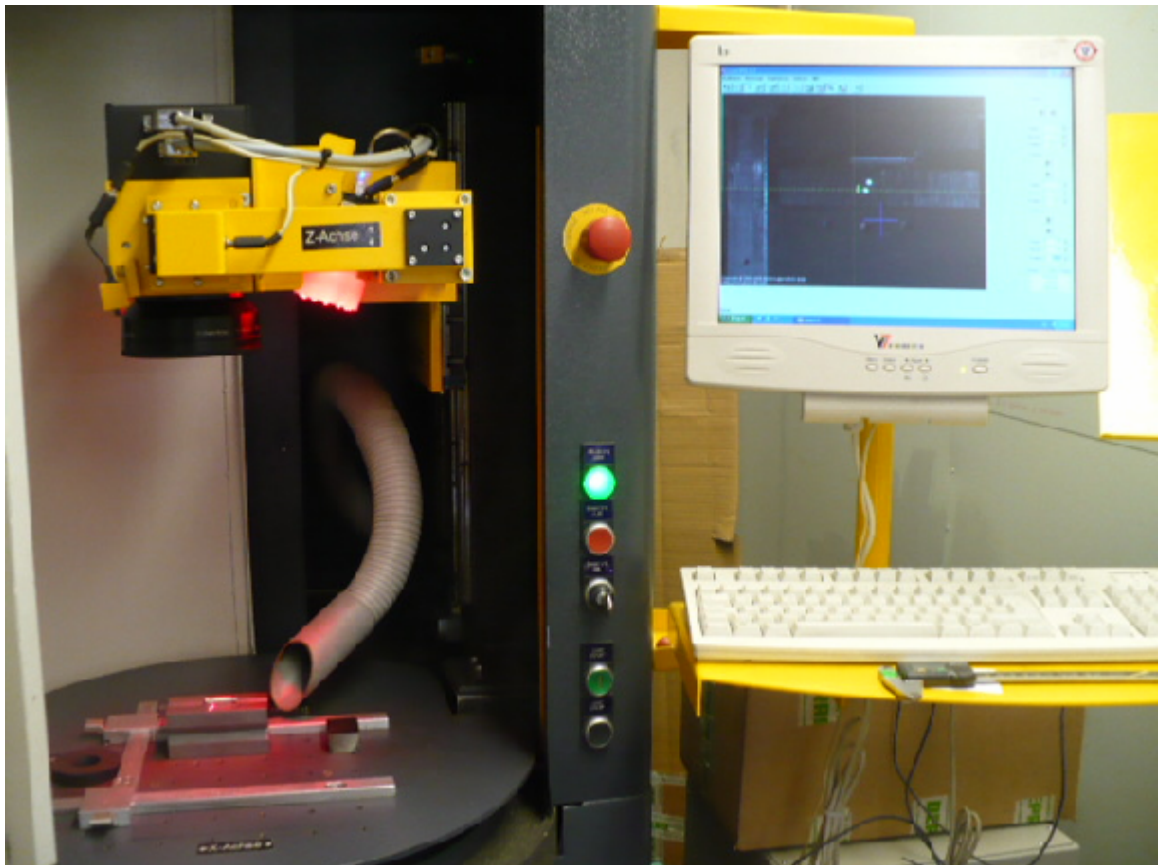


Obrázek č. 19 – Detail bezhrotého broušení

4.3.3. Značení

Značení šipky, určující směr otáčení vřetene, je navrženo provádět laserem, díky nově zakoupeném přístroji PIRANHA (obrázek č. 22). Laserový paprsek při kontaktu s materiálem mění povrchové vlastnosti hmoty a dochází k vytvoření kontrastního značení. Laserem lze označovat materiály: kalená, nekalená a zušlechťená ocel, litina, titan, mosaz, bronz, hliník a jeho slitiny včetně eloxovaných povrchů, slinutý karbid, zlato, stříbro, plasty, vícevrstvé a pigmentové plasty, pryž, samolepící folie, výrobky s povrchovými úpravami.

Po značení leptem bylo nutné součástku pečlivě neutralizovat, aby se zamezilo nežádoucím chemickým reakcím s materiálem (koroze). Po značení laserem již není potřeba provádět žádné další úpravy.

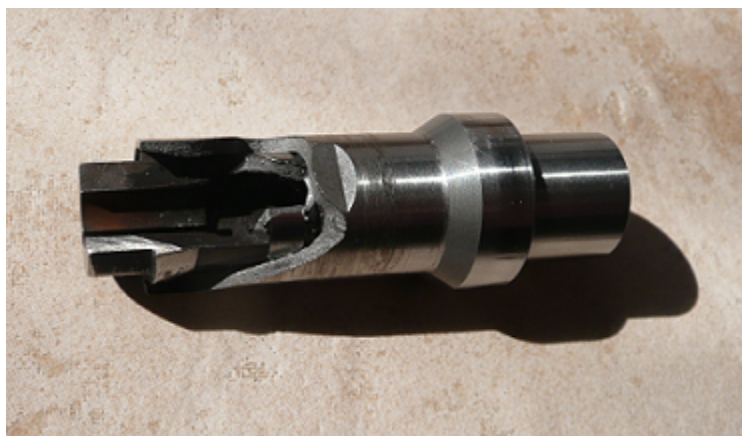


Obrázek č. 22 – Laser PIRANHA

5. ZÁVĚR

Smyslem celé této mojí práce bylo optimalizovat výrobu vřetene do ruční pneumatické brusky. Vřeteno je jednou z nejdůležitějších součástí tohoto náradí. Je to rotační součástka spojující upínací kleštinu, která nese nástroj, s rotorem. Tato součástka je náročná na výrobu kvůli požadavku tvarové a rozměrové přesnosti.

Vřeteno se původně vyrábělo z materiálu 62SiMnCr4 (19 452), který bylo po obrábění nutné ještě zakalit a popustit, aby se zvýšila odolnost vřetene proti opotřebení. Kalení a následné popouštění ovlivnilo rozměry a tvar vřetene, proto ho bylo potřeba dohotovit broušením. Kalení a popouštění ovšem ovlivnily rozměry a tvar vřetene v místech, která se již následně opracovávat nedala. Příkladem tohoto místa byl vnitřní závit, který slouží k upnutí kleštiny nesoucí brousící nástroj. Změny na závitu vyvolané kalením způsobovaly vzájemné vyosení kleštiny, vřetene a rotoru, což se projevovalo jako vibrace na brousícím nástroji. Protože jednou zakalený závit se již nedal upravit, vzniklý kus se nemohl použít a musel být nahrazen kusem novým. Další nebezpečí kalení spočívalo v tom, že v případě, že se vřeteno nedostatečně popustilo, a bylo tak sice tvrdé ale nedostatečně houževnaté, docházelo k jeho praskání (obrázek č. 23).



Obrázek č. 23 – Lom překaleného vřetena

Tato technologie výroby vřeten se v podniku používala z toho důvodu, že se jedná o malou součástku a vzniklé deformace na ní nebyly vždy patrné. Z důvodu úspory však vznikla myšlenka použití materiálu, který by vyhovoval všem požadavkům aniž by ho bylo potřeba kalit.

Na základě zkušeností mateřského podniku Deprag v Německu z výrobou jiné součástky obdobné funkce, byl navržen nový materiál 42CrMoS4-V (15 142). Zbývalo tak

ověřit zda bude materiál vyhovovat požadavkům a také navrhnout nový technologický postup s cílem celou výrobu zjednodušit.

Ověření jsem provedla na prototypových kusech, vyrobených v prototypové dílně, kdy jsem na vřetenu vyzkoušela tvrdost a mechanické vlastnosti. Dle předpokladů materiál požadavky kladené na funkci vřetene splnil, proto jsem za podpory zaměstnanců podniku Deprag zpracovala nový technologický postup na výrobu této součástky. Nový výrobní postup vychází z pozměněné výkresové dokumentace. Změna výkresové dokumentace spočívala ve zjednodušení konstrukčního řešení vnitřní dutiny vřetene, kdy odpadl jeden vnitřní zápch. Tento zápch zde byl důležitý z technologického hlediska, protože umožňoval vyjetí brousícího nástroje. Díky absenci kalení a přesnému obrábění již nebylo broušení v dutině potřeba.

Výrobní postup jsem zpracovala s ohledem na požadavek jednoduchosti s cílem efektivně využít moderních výrobních strojů a zařízení zmiňovaného podniku. Díky modernímu CNC zařízení se mi podařilo uskutečnit všechny operace obrábění (mimo broušení) v rámci jednoho stroje, což přináší, pomineme-li kalení a s ním spojené další činnosti, hlavní úsporu v celé technologii. Program pro CNC stroj, na němž jsem se také podílela, byl vytvořen s využitím moderního počítačového softwaru. Tento program i jeho tvorba byla poměrně složitá, ale jeho výhoda spočívá v opakovatelnosti. Pakliže je program správně sestaven a zařízení správně seřizené, vyráběné součástky jsou identické a odpadá tak nutnost kontroly každého vyrobeného kusu.

Z technického hlediska by se dalo říci, že se záměr optimalizace se úspěšně podařil. Počet výrobních pracovišť klesl z původních devíti na pouhých pět a výrobní čas klesl zhruba na polovinu, přičemž byly splněny veškeré požadavky na funkčnost vřetena. Díky přesnému obráběcímu zařízení a minimální manipulaci s obrobkem se také výrazně zvýšila přesnost vyráběných součástek a počet vadných kusů tak klesl na minimum. Z úspory výrobního času a přesnější výroby také vyplývá úspora ekonomická, na které má ovšem největší zásluhu absence kalení.

Optimalizovaný výrobní postup vřetene závěrem přinesl řadu výhod a lze považovat za úspěšně provedený.

Jisté zklamání však přináší fakt, že vzhledem k finanční krizi, která podnik Deprag zasáhla, byla výroba tohoto typu ruční pneumatické brusky dočasně zastavena. Celý výrobní postup lze však s úpravami využít pro výrobu vřeten do brusek jiných typů.

6. Seznam použité literatury a zdrojů

LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky – třetí doplněné vydání. Praha: Vydavatelství: ALBRA 2006. 714 s. ISBN 80-73-61033-7

MRKVICA, Miloš. Přípravky a obráběcí nástroje 1. díl. Ostrava: Vydavatelství VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2001. 192 s. ISBN 80-7078-941-7

BILÍK, Oldřich. Obrábění I 1. díl. Ostrava: Vydavatelství VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2001. 136 s. ISBN 80-7078-811-9

BILÍK, Oldřich. Obrábění I 2. díl. Ostrava: Vydavatelství VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2002. 80 s. ISBN 80-248-0033-0

DILLINGER, J. Moderní strojírenství pro školu i praxi Praha: Europa Sobotáles, 2007 612 s. ISBN 978-80-86706-19-1

MÁDL, Jan. Technologie obrábění. 1.díl. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 79 s. ISBN 80-01-02091-6

MÁDL, Jan. Technologie obrábění. 2.díl. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 86 s. ISBN 80-01-02091-6

MÁDL, Jan. Technologie obrábění 3.díl. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 81 s. ISBN 80-01-02091-6

BRYCHTA, Josef. Obrábění I: návody pro cvičení. Část 2. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2004. 114 s. ISBN 80-248-0577-4

BRYCHTA, Josef. Obrábění I:návody pro cvičení. Část 1. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2004. 79 s. ISBN 80-248-0576-6

FARANA, Radim., SMUTNÝ, Lubomír., VÍTEČEK, Antonín., VÍTEČKOVÁ, Miluše. Zpracování závěrečných prací z oblasti automatizace a informatiky včetně anglicko –

českého slovníku automatizační techniky a řízení. Ostrava: Vydavatelství VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2004. 116 s. ISBN 80-248-0557-X

<http://www.poltech.cz/poltech/10-Normy-CSN-DIN-ISO/15-Vlastnosti-oceli-10-19>

<http://www.svarbazar.cz/phprs/showpage.php?name=oceli>

http://www.newtech.cz/cnc_sous.aspx

<http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/nastrojovky/zracovani>
NO/

<http://www.mivazlin.cz/techdata/spry40.php>

7. Seznam příloh

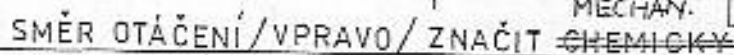
Příloha A – Výkres vřetene č. 4-302-110

Příloha B – Upravený výkres vřetene č. 4-302-110

Příloha C – CNC program SR9397Z_MPF

Příloha D – CNC program SL0204

Příloha E – Výkres sestavy pneumatické ruční brusky č. 001-069



209	1	G2 Si Mn Cr 4				
Pos.	Název	Kusů	Rozměry	Materiál	Tepel. zprac.	Poznámka
Měřítka	Kreslil	Norm. referent	Změna			Datum
5:1	Přezkoušel	Výr. referent				
	Schválil	Datum 4/98				
 L. Břehrad	Typ PB 8C - 25YK		Starý výkres	Nový výkres	4-302-110	209
	Název VŘETENO opracování					

%_N_SR93972_MPF
 /SPATH-/ N_MPF_DIR
 N10 ZACATEK:
 N20 G54
 N30 LIMS=3400

N40 G0 X85 250.4 T1 D1
 N50 KAROVNA CELO:
 N60 G90 G96 S170 M8 M3
 N70 G0 X12
 N80 20
 N90 G1 X-0.8 F.15
 N100 X1.2 21
 N110 G0 225.4

N120 T2 D1
 N130 HAVRTA:
 N140 G90 G95 S1146 M8 M3
 N150 G1 X0 F.3
 N160 G0 210
 N170 23
 N180 G1 X-5 F.03
 N190 G4 F1
 N200 G0 210
 N210 225.4

N220 T4 D1
 N230 VRTAK D=5:
 N240 G90 G955 M8 M3
 N250 G0 210
 N260 20
 N270 G1 X-4.5 F.03
 N280 G0 210
 N290 G4 S1
 N300 G0 2-3.9
 N310 G1 2-9
 N320 G0 210
 N330 G4 S1
 N340 G0 2-8.4
 N350 G1 2-13.5
 N360 G0 210
 N370 G4 S1
 N380 G0 2-12.9
 N390 G1 2-18
 N400 G0 210
 N410 G4 S1
 N420 G0 2-17.4
 N430 G1 2-18.3
 N440 G0 210
 N450 225.4

N460 T6 D1
 N470 VRTAK D-4.4:
 N480 G90 S1085 M8 M3
 N490 G0 210
 N500 X-17
 N510 G1 2-21 F.02
 N520 G0 210
 N530 G4 S1
 N540 G0 2-20.4
 N550 G1 2-25
 N560 G0 210
 N570 G4 S1
 N580 G0 2-24.4
 N590 G1 2-28.8
 N600 G0 210
 N610 250.4

N620 T3 D1
 N630 SOUSTRUŽI POVRCH:
 N640 G90 G96 S170 M8 M3
 N650 G0 X6.712
 N660 20.707

N670 G1 X9.194 Z-0.534 F.15
N680 X-27.7
N690 X12
N700 G0 Z25.4

N710 T6 D1
N720 HRUDUJE OTVOR:
N730 G90 G96 S65 M8 M3
N740 G0 X5.528
N750 Z0.7
N760 G1 Z-10.62 F.03
N770 X4.928 Z-10.32
N780 G0 Z0.7
N790 G1 X6.056 F.3
N800 Z-3.146 F.03
N810 X5.456 Z-2.048
N820 G0 Z0.7
N830 G1 X6.582 F.3
N840 Z-2.03 F.03
N850 X5.982 Z-1.79
N860 Z0.7 F.6
N870 X7.11 F.3
N880 Z-1.032 F.03
N890 X6.51 Z-0.732
N900 Z0.7 F.6
N910 X7.808 F.3
N920 Z0 F.03
N930 X7.486 Z-0.277
N940 X5.75 Z-3.761
N950 Z-10.509
N960 X5.494 Z-10.637
N970 X5
N980 Z-9.937
N990 G0 Z0.4
N1000 Z25.4

N1010 T7 D1
N1020 SOUSTRUZI OTVOR:
N1030 G90 G96 S65 M8 M3
N1040 G1 X8.97 F.6
N1050 G0 Z0.606
N1060 G1 X6.464 Z-1.563 F.03
N1070 X8.2 Z0.326 F.6
N1080 X5.424 Z-5.243 F.03
N1090 X6.15 Z-3.085 F.6
N1100 Z-10.592 F.03
N1110 X5.26 Z-11.037
N1120 Z-16.85
N1130 X4.836 Z-16.630
N1140 G0 Z0.4
N1150 Z25.4

N1160 T8 D1
N1170 ZAPICH S=3 MM:
N1180 G90 G96 S65 M8 M3
N1190 G1 X8.97 F.6
N1200 G0 Z10
N1210 G1 X4.66
N1220 G0 X4.6 Z-16.1
N1230 G1 X6.45 F.03
N1240 G4 F1
N1250 G1 X4.6 F.3
N1260 X4.776 Z-14.738 F.6
N1270 X6 Z-15.35 F.04
N1280 X6.45
N1290 Z-15.9
N1300 X4.6 F.3
N1310 Z-16.85
N1320 X6.45 F.04
N1330 Z-16.3
N1340 X4.6 F.3
N1350 ZAPICH S=2.5 MM:
N1360 G0 Z10 D2

N1370 G1 X4.66
N1380 G0 X5.5 Z-10
N1390 G1 X6.4 F.04
N1400 G4 F1
N1410 G1 X5.5 F.3
N1420 Z-9.5
N1430 X6.4 F.04
N1440 G4 F1
N1450 G1 X5.8 Z-9.8 F.3
N1460 X5.5
N1470 Z-10.5
N1480 X6.4 F.04
N1490 G4 F1
N1500 G1 X5.8 Z-10.2 F.3
N1510 X5.5
N1520 G0 G97 20.4
N1530 225.4

N1540 ZAVIT M6x.75::
N1550 G90 G95 T9 D1 83460 M8 M3
N1560 G1 X3.5 F.6
N1570 G0 24
N1580 CYCLE97(0.75,0,-8,-16,5.25,5.25,0,0,-.541,0.02,0,0,6,2,3,1)
N1590 G0 250.4

N1920 UPICHHF:
N1930 G90 G96 T11 D1 880 M8 M4
N1940 G0 X20
N1950 Z-24.6
N1960 G1 X10.3 F.5
N1970 X8.2 F.05
N1980 X13 F.5
N1990 M75
N2000 X10.3 Z-23.5 F.6
N2010 X8.3 Z-24.5 F.04
N2020 X5 F.05
N2030 X8 F.03
N2040 M76
N2050 G0 X40 M9
N2060 X85 2100 M5

N2080 POTAZENI:
N2090 G90 G94 T12 D1 M9 M5
N2100 G0 X0
N2110 Z0
N2120 G1 Z-24.5 F1500
N2130 M11
N2140 G4 F1
N2150 G1 20.5
N2160 M10
N2170 G4 F1
N2180 G0 230
N2190 X85 250
N2200 M9
N2210 X170 250.4
N2220 M99
N2230 GOTOB 2ACATEK
N2240 M30

-G1 X-12.182 C18.05 R25.48
 -G1 X12.182 F48
 -G3 X63.142 C43.53 R25.48 F1500
 -G1 Z2. M9
 -G113
 -G0 X107.547 M5
 -X200.0
 -M46
 -M1
 -

STREDICI VRTAK

-N40 (NAVRTA)
 -
 -G50 S5000
 -G0 G99 T0202 M8
 -G54 G97 S1146 M3
 -Z10.0
 -X.0
 -Z3.0
 -G1 Z-1. F.03
 -G4 X1.0
 -G0 Z10.
 -X200.0
 -Z60.
 -M1
 -

VRTAK D-5

(5K)-N50 (VRTA D-5)

-G50 S5000
 -G0 G99 T0404 M8
 -G54 G97 S2750 M3
 -Z10.0
 -X.0
 -Z.0
 -G1 Z-4.5 F.03
 -Z1.0 F.8
 -G4 X.252
 -G1 Z-3.9 F.8
 -Z-9.0 F.07
 -G0 Z1.0
 -G4 X.252
 -G0 Z-6.4
 -G1 Z-13.5
 -G0 Z1.0
 -G4 X.252
 -G0 Z-12.9
 -G1 Z-18.0
 -G0 Z1.0
 -G4 X.252
 -G0 Z-17.4
 -G1 Z-18.9
 -G0 Z10.0
 -X200.0
 -M1
 -

VRTAK D-4.4

(H55)-N60 (VRTA D-4.4)

-G50 S5000
 -G0 G99 T0505 M8
 -G54 G97 S1061 M3
 -Z10.0
 -X.0
 -Z-17.0
 -G1 Z-22.0 F.02
 -G0 Z1.0
 -G4 X.226
 -G0 Z-21.4
 -G1 Z-26.0
 -G0 Z1.0
 -G4 X.226
 -G0 Z-25.4
 -G1 Z-28.8
 -G0 Z10.
 -X200.0
 -

ROHOVY TRIGON

-M1
-
-N70 (SOUSTRUŽI POVRCH)
-
-G50 S5000
-G0 G99 T0101 M8
-G54 G96 S180 M3
-Z.707
-X6.698
-G1 X9.194 Z-.594 F.04
-Z-27.7 X9.218
-X70. G0
-Z-30.
-X10.
-Z10. G1 F1000
-G0 X200.0 Z90.
-M1
-

NUŽ DO OTVORU HRUB.-N80 (HRUBUJE OTVOR)

-
-G50 S5000
-G0 G99 T0606 M8
-G54 G96 S42 M3
-Z10.0
-X5.55
-Z.7
-G1 Z-10.609 F.05
-X4.95 Z-10.309
-G0 Z.7
-G1 X6.102 F.6
-Z-3.056 F.05
-X5.502 Z-2.756
-G0 Z.7
-G1 X6.652 F.6
-Z-3.951 F.05
-X6.052 X-1.651
-Z.7 F.6
-X7.202
-Z-.847 F.05
-X6.602 Z-.547
-Z.7 F.6
-Z7.922
-Z.0 F.05
-X7.4 Z-.454
-X5.908 Z-3.444
-Z-10.33
-X5.494 Z-10.537
-X5.0
-G0 Z53.5
-X200.0
-M1
-

NUŽ DO OTVORU

-N160 (SOUSTRUŽI HRANU KUŽEL A PRUMER 6.3H7)

-
-G50 S5000
-G0 G99 T1010 M8
-G54 G96 S85 M3
-Z10.
-X9.064
-Z.606
-{HRANA}
-G1 X6.376 Z-1.739 F.02
-Z.15 F.6
-X9.112
-{KUŽEL}
-X5.502 Z-4.926 F.02
-T1013
-Z-1.768 F.6
-X6.308
-Z-10.5 F.02
-X5.
-G0 Z20. M9
-X200.

T1013

KUK DO OTVORU

-M1
-
-N90 (SOUSTRUŽI OTVOR)
-
-G50 S5000
-G0 G99 T0707 M6
-G54 G96 S60 M3
-Z10.0
-X5.
-Z-10.
-G1 Z-10.5 F.07
-X6.364 G1 F.03
-X5.29 Z-11.037
-Z-17.5
-X4.836 Z-17.2
-G0 Z20.
-X200.0
-M1
-

ZAPICHOVY DO OTVORU-N100 (ZAPICH S-3 MM)

-
-G50 S2500
-G0 G99 T0808 M6
-G54 G96 S45 M3
-Z10.0
-G0 X4.6
-Z-8.0
-G1 Z-17.25 F1.0
-X6.81 F.01
-G4 X.038
-G1 X4.6 F.6
-X4.776 Z-16.338
-X6.0 Z-17. F.02
-X6.81
-X4.6 F.6
-Z-17.5
-X6.81 F.02
-Z-17.4
-X4.6 F.6
-G0 Z20.0 M9
-X200.0
-X20.0
-M1
-

VRTAK D=4.4

-N105 (ČISTI OTVOR)
-G0 S5000
-G0 G99 T0505
-G54 G97 S200 M3
-Z10.0
-Z.0
-G1 Z-28.0 F2.
-Z10.0
-X200.0 G0
-Z50.0
-M1
-

ZAVITOVY

-N110 (ZAVIT M6X.75)
-
-G50 S5000
-G0 T0909 M8
-G54 G97 S1600 M3
-Z4.0 M24
-X5.1
-G92 X5.514 Z-16.4 F.75
-X5.682
-X5.808
-X5.914
-X6.006
-X6.09
-X6.03
-G1 X5.1 F.6
-G0 X4.0
-X200. M9

UPICHOVAK

-M5
-Z50.
-M1
-
-M00 (STOP)
-
-N120 (PREPNE UPICHOVE)
-
-G50 S5000
-G0 G54 G98 T1111
-X150.0
-Z-24.5
-M211
-M15
-G97 S2000 M3
-M251
-G0 B-200.
-G1 G98 F1000 B-324.5
-M210
-M259
-G96 G99 S120 M3
-G0 X14.0 M8
-G1 X10.3 P.4
-X3.0 F.09
-G0 G20 H0
-G0 X150.0
-Z120.0
-M36
-M5
-M1
-

ROHOVY TRIGON

-N130 (HROUBNE POVRCH)
-
-G50 S5000
-G0 T0117 M8
-G99 G96 S170 M203
-G55 Z-1.4
-X7.6
-G1 Z.52 F.03
-X10.88
-X12.88 Z-.48
-X9.662 Z.0 F.6
-(ZAROVNA CELO)
-X.844 P.15
-Z-1.0
-G0 Z-10.0
-X200.0
-M1
-

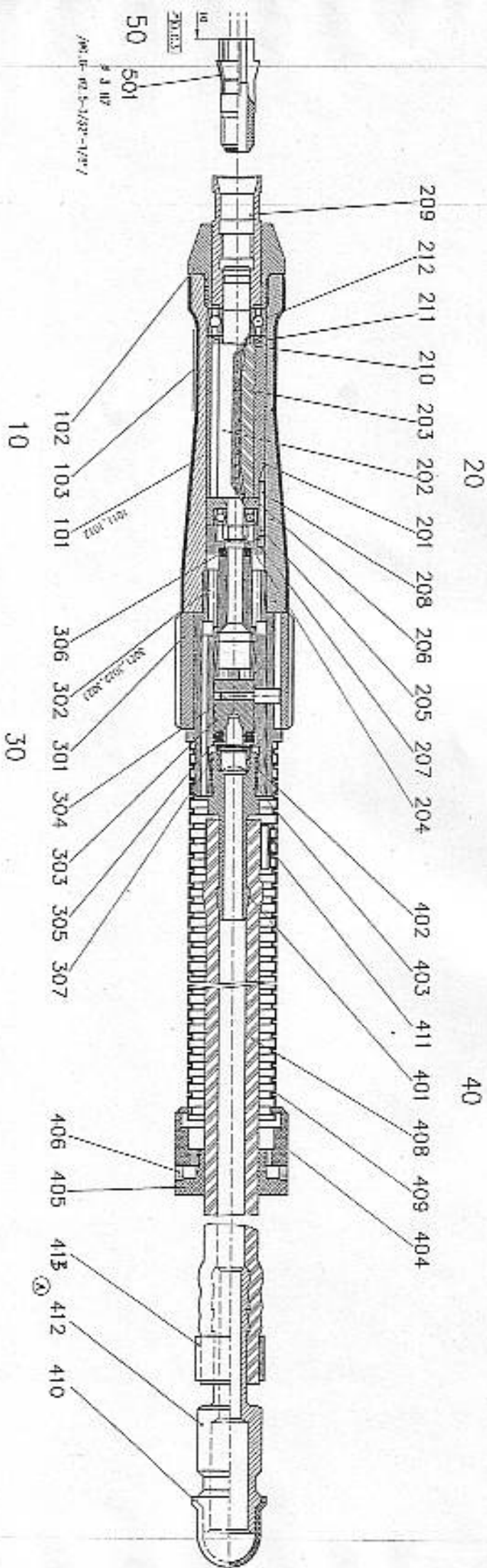
NUZ DO OTVORU

-N140 (SOUSTRUZI OTVOR)
-
-G50 S5000
-G0 T0723 M8
-G99 G96 S45 M203
-G55 Z-10.0
-X5.946
-Z-.433
-G1 X4.7 Z.646 F.03
-X4.708 Z8.0
-X4.482 Z7.5
-G0 Z-10.0
-X200.0
-M1
-

STRANOVY DOKONC.

-N150 (SOUSTRUZI POVRCH)
-
-G50 S5000
-G0 T1026 M8
-G99 G96 S180 M203
-G55 Z-10.0
-X4.952
-Z-.707
-G1 X7.0 Z.317 F.05

-2.6
-X10.694
-71.624 F.1
-X8.446 2.5 F.01
-X10.0
-2.6
-X7.1
-G0 2-10.0 M9
-X9.18
-2.0
-G1 21.2 F.05
-X11.
-G0 2-10.
-X200.0
-M5
-M73
-M47
-M74
-M89
-
-/ M99
-M30
-



—

UPORABNIKI PROJEKTA :

WATER TREAT PLANTS ARE

PO BOX 120111, LOS ANGELES, CA 90012-0111

APR 23 2001 20:51:11 EDT 2751

[illegible]

PB 8C-25YK

001-069